

セルロース繊維のn-alkyl, dimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chloridesによるカチオン化とそれらの抗菌活性について

澤 裕子, 山林 智映, 甫天 正靖

(武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科)

Cationization of cellulosic fibers by n-alkyl, dimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chlorides and their antibacterial activities.

Yuko Sawa, Chie Yamabayashi and Masanobu Hoten

Department of Human Environmental Sciences,

School of Human Environmental Sciences,

Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663-8558, Japan

n-alkyl, dimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chlorides having an alkyl group of different chain lengths were synthesized through the reaction of n-alkyl, dimethylamine hydrochlorides with epichlorohydrin, and used for the cationization of cellulosic fiber. The amount of ammonium chloride in the cationized fibers was estimated from the saturation value of the acid dye using Langmuir's equation. Antibacterial activity of the cationized fiber was studied for the effects of the alkyl chain lengths on the ammonium cation.

1. 緒 言

木綿などのセルロース繊維の染色性を改良しようとする研究は古くから行われてきたが、その一つとしてセルロースの水酸基にアミノ基やアンモニウム塩基を結合させてカチオン化する方法があった。また epi-chlorohydrin のような塩素原子をもつ epoxide を反応させた後、アミン類などの窒素化合物との反応でアンモニウムカチオンが導入されて得られたカチオン化セルロースは直接染料や反応染料の吸着を促進させ、また酸性染料で染色することを可能にした。前者は工業染色における染料や薬剤の高効率活用につながり、排水公害負荷の軽減にも関連し、後者は異染色性繊維の開発シーズを提供すると考えられ、多くの研究が行われた。なかでも、カチオン化剤およびその処理による染色性の改良に関しては多くが試みられ¹⁻⁵⁾、異染色性繊維への応用についても報告がなされた⁶⁻⁷⁾。Courtrey ら⁸⁾はカチオ

ン化セルロースに対する酸性染料の染色について熱力学的な解析とともに、この系の染色がイオン交換機構に基づくことを確かめた。また Seong ら⁹⁾はアンモニウムカチオンが抗菌活性を有することに着目して、種々のアルキルアミンと epichlorohydrin により合成されたカチオン化剤によるカチオン化の最適条件を探り、得られたカチオン化セルロースに対する酸性染料の染色性と抗菌活性について、C5 までの短鎖アルキル基の効果を主体に研究した。抗菌材料に用いられるアンモニウムカチオンのアルキル基鎖長は C12~C18 が有効とされ、4 級アンモニウム基を導入したポリアクリロニトリル共重合体の抗菌活性に関する既報⁸⁾ではアルキル鎖長を C4~C18 とした。抗菌活性のメカニズムを研究する上でセルロース繊維に多量のアンモニウムカチオンを導入できるカチオン化剤はきわめて有用であり、とくに長鎖アルキル基をもつカチオン化剤が必要であった。

本研究では長鎖アルキル第 3 級アミンと epi-chlo-

rohydrin とから長鎖アルキル基を有するカチオン化剤を合成して、カチオン化セルロース繊維を調製した。得られたカチオン化セルロース繊維の特性を把握する手段として染色法を活用し、その染色法の適合性を明らかにすること、得られたカチオン化セルロース繊維がどの程度の抗菌活性が現れるかを予備的に調査することをもう一つの目的とした。

2. 実験

2.1 試料および試薬

2.1.1 繊維試料

カチオン化反応に用いたセルロース繊維には再生セルロース繊維、東洋紡績(株)提供のポリノジック「タフセル」J2.2dtex を選び、以下の条件で精練した。供試セルロース繊維は、木綿の不完全な脱脂が目的とする実験に重大な影響を与えるので、その影響のない再生セルロース繊維を選んだ。

試料は非イオン界面活性剤 0.02% 水溶液中に 45℃, 30 分間浸漬、攪拌し、精練した。浴比は 50:1 とした。40℃ の定温送風乾燥機中で乾燥後、デシケーターに保管した。

2.1.2 試薬

カチオン化剤の合成には trimethylammonium chloride (和光純薬工業製品), octyldimethylamine, lauryldimethylamine, stearyldimethylamine (松本油脂製薬提供品), dimethylamine (50% aq. soln), butyl chloride (和光純薬工業製品), epichlorohydrin (以下, ECH) (和光純薬工業製品) を使用した。

2.2 カチオン化剤

2.2.1 カチオン化剤 AMPAC の合成

Fig. 1. に示す合成法にしたがい、以下の 5 種のカチオン化剤(第 4 級アンモニウム塩) n -alkyl-

dimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl, ammonium chloride (AMPAC) を合成した。

省略名称

$n=1$: C1 trimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chloride

$n=4$: C4 butyl dimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chloride

$n=8$: C8 octyldimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chloride

$n=12$: C12 lauryldimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chloride

$n=18$: C18 stearyldimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chloride

出発物質として、C1 は塩酸塩を入手し、C8, C12 および C18 は第 3 級アミンを塩酸塩としたのち、下記の方法により AMPAC を合成した。なお C4 についてはまず butyldimethylamine hydrochloride を合成した。dimethylamine (0.5mol) と butyl chloride (0.5mol) と 2-propanol (以下, IPA) 溶媒中で窒素置換したのち、35℃ で 4 時間反応させて塩酸塩を得た。

C8, C12 および C18 については窒素置換した後、IPA (500ml) 中で、40℃, 5 時間攪拌しながら、それぞれ octyldimethyl amine, lauryldimethylamine, stearyldimethyl amine に塩酸を添加し付加反応させて塩酸塩を得た。

上記の反応で得られた 3 級アミンの塩酸塩からアルキル鎖長の異なる AMPAC を合成した。それぞれの n -alkyldimethylamine hydrochloride (1.0mol) に ECH (1.0mol) を添加し、窒素雰囲気中で、40℃, 4 時間攪拌して得た生成物はロータリーエバポレーター (東京理化機械) で蒸発乾固させ、エーテルを用いて洗浄した。

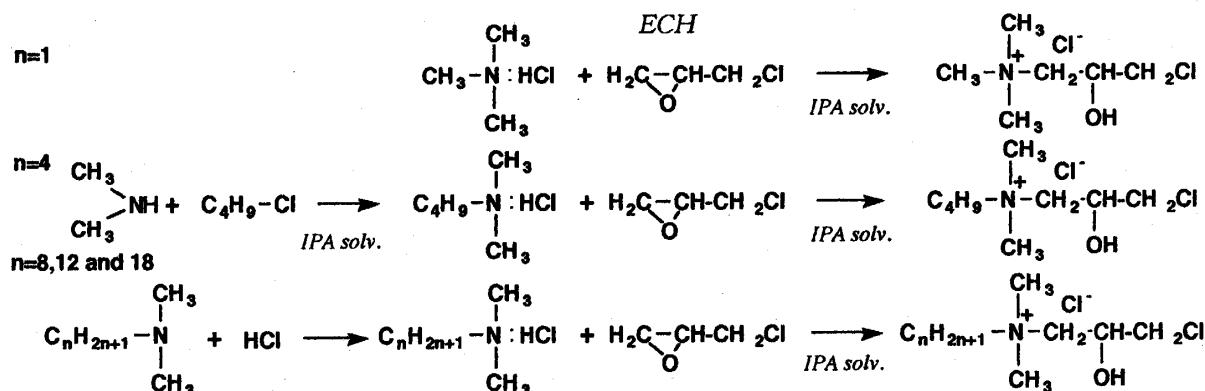


Fig. 1. Schematic diagram showing synthesis of cationizing agents for cellulosic fiber.

2.2.2 カチオン化剤による処理

共栓付三角フラスコに解繊した所定量(1.0~3.0g)の繊維試料を入れ、浴比 50:1 としてカチオン化剤および水酸化ナトリウム水溶液の必要量を添加し、80℃、20 分間振盪し、カチオン化反応を行った。カチオン化処理条件はそれぞれのカチオン化剤重量に対するアルカリ濃度を 10~200% としてカチオン化剤で濃度毎に、検討を行った結果、対カチオン化剤濃度は 30% と定めた。反応に際して、カチオン化剤を十分試料に浸透させ、カチオン化剤(0.002~0.04 mol/gf)、水酸化ナトリウム水溶液(0.01~20% 濃度)の順に添加するが、水酸化ナトリウムはビュレットを用いて少量ずつ繊維にガラス棒でよく攪拌しながら滴下した。反応終了後、水洗ののち、2% 酢酸水溶液(浴比 50:1, 40℃, 5 分)で中和処理し、十分に水洗し 40℃ で乾燥させた。C18 は、中和処理後にさらに IPA(浴比 50:1, 5 分)と流水による洗浄を 2 回繰り返して、未反応のカチオン化剤を除去後、同様に乾燥した。

2.3 カチオン化剤固着量の染色法による定量

2.3.1 平衡染色条件の確認

カチオン化処理によりセルロース繊維に導入されたカチオン基の 4 級アンモニウムカチオン量は染色法により定量を行った。

染色は上下振盪染色機(上野山機工製)を用い、酸性染料 Acid Orange II による平衡染色を行った。平衡染色条件は 95℃、浴比 100:1、染料濃度 10~30%owf の範囲で、塩酸酸性下(pH 3.0 に調整)、60 分間とした。なお、予め十分に過剰の染料濃度の染色溶液中で 95℃ で 15~180 分間の染色を行い、60 分間で平衡に達することを確認した。

2.3.2 残浴比色による染着量の定量

染着量の定量は染色後の染浴中の染料濃度の測定により行った。分光光度計(島津 UV-2200)を用いて測定した染色残浴の吸光度(A_t)および染色前の吸光度(A_0)から次式により算出した。

$$\text{染着率}(\%) = \{(A_t - A_0) / A_0\} \times 100$$

2.4 抗菌活性試験

2.4.1 供試菌

本研究では *Staphylococcus aureus* IFO12732 を用いた。

2.4.2 培地

供試菌の培養、菌液の調整には、ニュートリエントブロスおよび L-Broth(Difco lab. USA)を用いた。生菌数の測定には一般生菌数測定用標準寒天培

地(ニッスイ)を用いた。

2.4.3 抗菌試験法(振盪接触法変法)

2.4.3.1 試料

細切した所定量(0.5mg/ml あるいは 2.0mg/ml)の繊維試料を秤量し、100ml のねじ口付三角フラスコに入れ高圧蒸気滅菌した。また、繊維試料を入れないフラスコを用意し、これを以下ではコントロール試料とした。

2.4.3.2 菌懸濁液の調整

培養には L-Broth を用いた。メンブレインフィルター FM45(0.45 μ m pore size 富士フィルム株式会社)を用いて集菌し、滅菌水を用いて洗い出した。菌懸濁液の濃度は、OD₆₆₀ 値を指標として滅菌水により調整した。本試験では目的に応じて 10^{4-7} cells/ml の菌懸濁液を使用した。

2.4.4 試験方法

試験試料およびコントロール試料に所定濃度の菌液 15ml をマイクロピペットを用いて接種した。シェーキングバス Bio-Shaker BR-15(TAITEC)を用いて 30℃、85rpm で振盪を行い、20, 40, 60 分毎に菌液 0.5ml を採取し、滅菌生理食塩水 4.5ml を用いて 1/10 の段階希釈列を作成した。希釈液 0.1ml を標準寒天培地に塗抹し 37℃、48 時間培養後コロニーカウントを行い、残存生菌数(cells/ml)を求めた。またコントロール試料については菌液接種直後に 0.5ml を採取し、上記と同様の方法で生菌数を測定し初発菌数を得た。次式(1)により残存生菌数を求め、残存生菌数率 N(%)とした。

$$N(\%) = (n/n_0) \times 100 \quad (1)$$

n : 試験後の生菌数

n₀ : 試験前の生菌数(初発菌数)

3. 結果と考察

3.1 セルロース繊維に導入されたカチオン基の染色法による定量

カチオン化剤で処理することにより第 4 級アンモニウム塩であるカチオン活性基がセルロース繊維に導入され、酸性(アニオン)染料の染着活性点となる。アニオン染料の吸尽量は導入された窒素量に比例する関係を検量線として、導入されるアンモニウムカチオン基量の品質管理が行われたことがあり⁹⁾、ここではセルロース繊維に導入されたカチオン活性基量を染色法によって定量する。そのためには本研究に用いる長鎖アルキル基を有するアンモニウムカチオンがラングミュア式で表されるイオン結

合様式の染色機構にしたがうのかどうかを調べ、染色による定量の可能性を判断する必要がある。また常法により染色平衡状態における等温染色分配曲線に表し、アンモニウムカチオンの長鎖アルキル基の染料/繊維間相互作用への影響についても調べる。

5 種のアルキル鎖長の異なるカチオン化セルロース繊維について酸性染料 Orange II による平衡染色を行った。染色平衡状態での染浴中の染料濃度 $[D]_s$ (mmol/l) と繊維中の染料濃度 (染色量) $[D]_f$ (mmol/kg-fiber) から等温染色分配曲線を得た。まず、Fig. 2. に示した C1 試料繊維の等温染色曲線は典型的な飽和型であった。C1 濃度 4.0, 6.0, 15.0 mol/kg で処理した繊維試料について得られた分配曲線はそれぞれ 120, 160, 350 mmol/kg-fiber のレベルで飽和に達している。この分配曲線の型から特定数の染色活性基に対して染料が選択的に染色すると想定され、つぎのラングミュア吸着式(2)が適用できると考えられる。

$$\frac{1}{[D]_f} = \frac{1}{k[S]_f[D]_s} + \frac{1}{[S]_f} \quad (2)$$

ここで、

$[D]_s$: 染浴中の染料濃度 (mmol/l)

$[D]_f$: 繊維中の染料濃度 (mmol/kg-fiber)

$[S]_f$: 飽和染色量 (mmol/kg-fiber)

k : 吸着 k_2 /脱着 k_1 に係わる定数比

各試料について染料濃度ごとの分配値 $[D]_s$, $[D]_f$ の逆数をプロットし (Fig. 3.), 各々の直線の

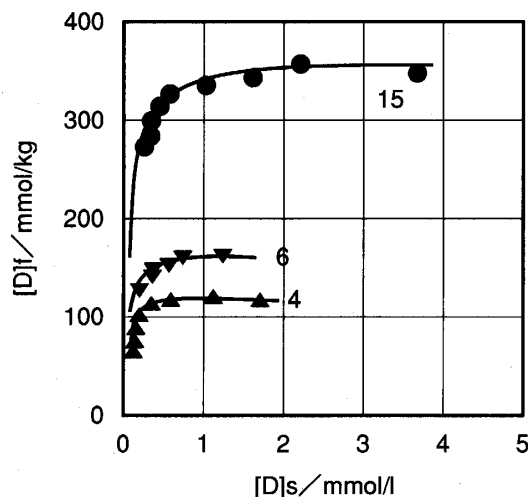


Fig. 2. Adsorption isotherms of Acid Orange II on the cationized cellulose with C1 at 95°C. Numbers in this Figure represent the amounts (mmol/kg-fiber) of C1 used in the cationizing.

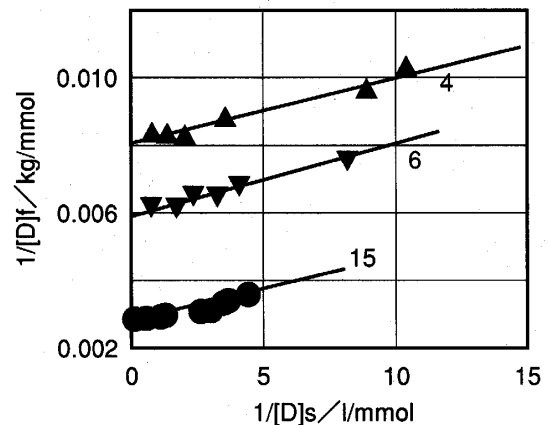


Fig. 3. Reciprocal isotherms for Acid Orange II on the cationized cellulose with C1 at 95°C. Numbers in this Figure represent the same as in Fig. 2.

$1/[D]_f$ 軸上の切片から上式の定義により飽和染色量 $[S]_f$ (mmol/kg-fiber) が与えられる。 $[S]_f$ はセルロース繊維に導入されたカチオン活性基量に見合うと考えられ、カチオン化剤仕込み濃度の異なる 3 試料ではそれぞれ 122, 170, 357 mmol/kg-fiber と算定された。

C1 の仕込み濃度に対するセルロースに導入されたアンモニウムカチオン量は Fig. 4. に示された C1 仕込み濃度に対する酸性染料の飽和染色量の関係から推定することができる。実測の 3 点は 4~15 mmol/kg の範囲で直線に載るので、この直線関係から任意量のカチオン基導入に必要な C1 の仕込み量を予測できる。

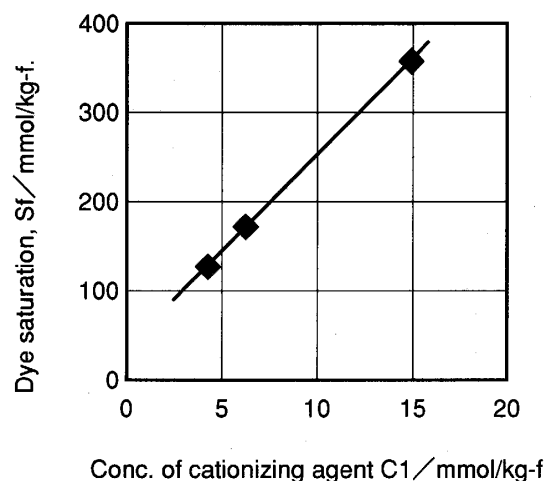


Fig. 4. Relation between concentration of cationizing agent C1 used in cationization and the dye saturation S_f .

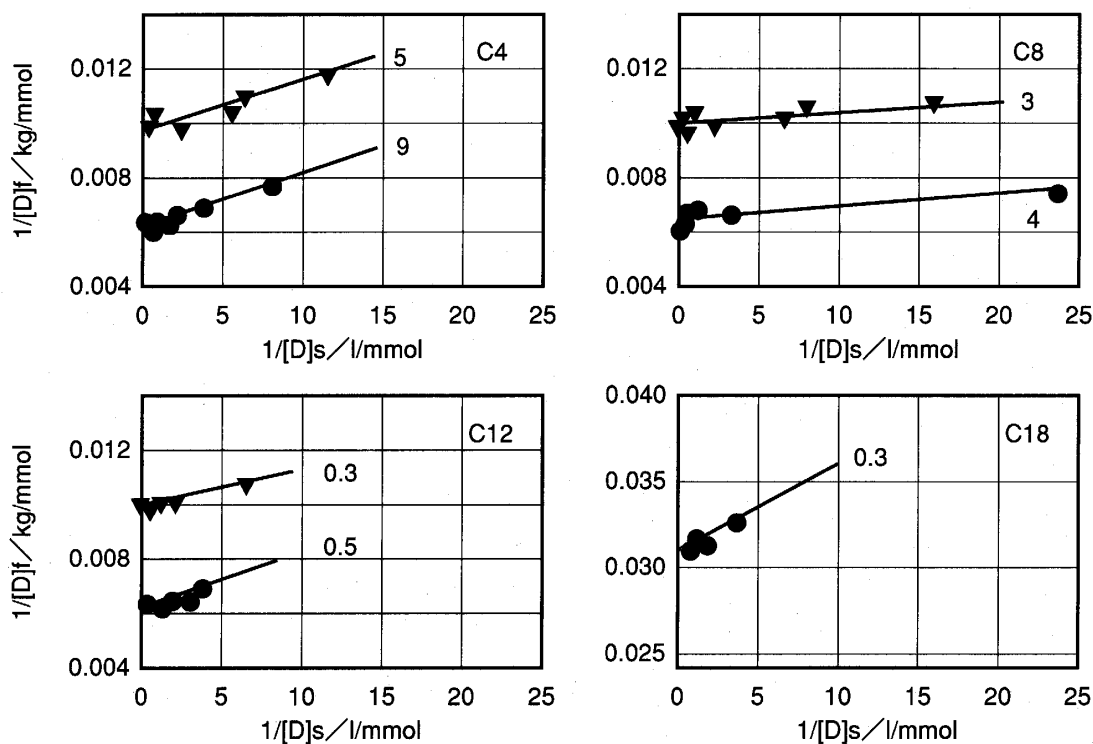


Fig. 5. Four reciprocal isotherms for Acid Orange II on the cationized cellulose with C4, C8, C12 and C18 at 95°C. Numbers in this Figure represent the amounts (mol/kg-fiber) of cationizing agents used in the cationizing.

つぎに C1 によるカチオン化と同様の方法で、C4, C8, C12 および C18 により 4 級アンモニウムを導入した繊維試料(以下、C4-f, C8-f, C12-f および C18-f)について Orange II による平衡染色を行った。[D]_s, [D]_f を測定して等温染色曲線を作成し、4 種の繊維試料について得られた 1/[D]_s, 1/[D]_f 逆数プロットを Fig. 5. に示した。いずれの逆数プロットも直線で、ラングミュア式に適合し、C1-f の場合と同様に繊維は染料アニオンとの間に特定数の染色活性基を提供する染色が行われると考えられた。すなわちセルロースに導入されたアンモニウムカチオン基 (Fig. 6.a) に対して、その対イオン C1⁻ と酸性染料アニオン D⁻ が Fig. 6.b) に示されるようにイオン交換する形で染色が行われると解

釈された。導入されたカチオン基量は Fig. 5. におけるたて軸の切片値から飽和値 [S]_f を求めて推定することができる。これらの飽和値 [S]_f を Table 1 に示す。

Fig. 3. および Fig. 5. において、直線の勾配がカチオン化剤のアルキル鎖長または仕込み濃度により異なることに注目した。逆数プロットの勾配はラングミュア式において 1/k[S]_f に相当する。k は Fig. 6. に示す染色反応式において、染料アニオン D⁻ が繊維 F の染色活性点の 4 級アンモニウム塩上で、対イオン C1⁻ との間で起こるアニオン交換反応の平衡係数 K_{Cl}^D に相当すると考えられる。平衡係数 K_{Cl}^D はカチオン活性点における染料アニオン D⁻ の競合アニオン C1⁻ との交換に係わる熱力学パラ

Table 1. Relations between the concentrations of agents used in the cationizing treatment and dye saturation of the cationized fibers for Acid Orange II.

Cationizing agent	C1			C4		C8		C12		C18	
Concn. of cationizing agent used (mol/kg-f)	4.0	6.0	15	5.0	9.0	3.0	4.0	0.3	0.5	0.1	0.3
Dye saturation of cationized fibers (mmol/kg-f)	122	177	357	104	165	103	161	100	167	24.7	32.5

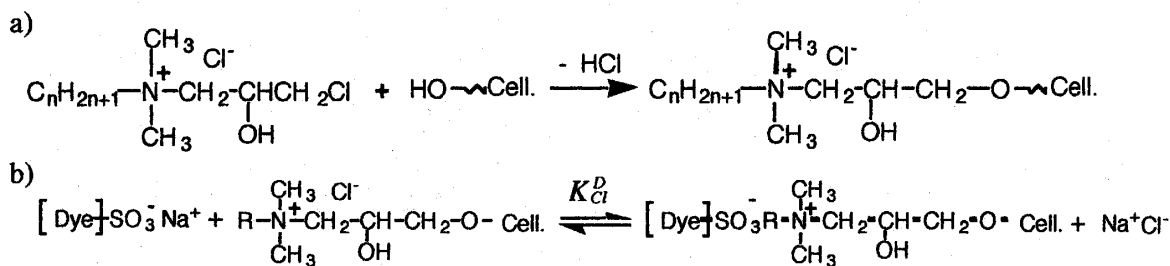


Fig. 6. Schematic diagram showing the reaction of cationizing agent to cellulose(a) and dyeing mechanism of the cationized cellulose with an acid dye(b).

メーターの相対親和力として次式(3)により定義される。

$$-\Delta\mu^\circ = RT \ln K_{\text{Cl}}^D \quad (3)$$

すなわち、これによってアルキル鎖長の異なるカチオン化繊維の「染まりやすさ」をくらべることができる。アルキル鎖長の異なる C1-f, C4-f, C8-f, C12-f および C18-f における逆数プロットの直線の勾配の差異はアルキル鎖が染色に深く係わっていることを示唆しており、改めて検討することにする。ここでは、任意のカチオン活性基量を有する C1-f, C4-f, C8-f, C12-f および C18-f 繊維を調製するため、さらにアルキル化剤を仕込み濃度と導入されたカチオン活性基量の関係を把握する必要があった。そこで活性基量に対して十分に余剰の染料濃度で平衡染着量を求め、[S]f 値に代替える簡便方法を採用した。これによりカチオン化剤ごとにカチオン化剤の仕込み濃度と平衡染着量との関係曲線を作成し、それを基にカチオン活性基量の異なるカチオン化繊維 C1-f, C4-f, C8-f, C12-f および C18-f を得た。この試料は抗菌活性の検討に用いるため 100, 150mmol/kg-fiber のカチオン活性基の導入を期待したが、C18 では 32mmol/kg-fiber の導入に止まった。C1-f, C4-f, C8-f では Table 1. に示される範囲において 100~150mmol/kg-fiber のカチオン活性基を導入することはできたが、C8-f, C12-f, C18-f では上限値があった。C12-f では 167mmol/kg-fiber (Table 2.), C18-f では 50mmol/kg-fiber 未満に止まった。C12-f, C18-f ではその分配吸着が高いためか低濃度域でもカチオン化は進むが、高濃度では溶解が伴わず、その反応性が低下するためカチオン基の導入量は低く抑えられた。Table 1. および Table 2. に示された試料が以下の抗菌活性試験に供された。

3.2 カチオン化セルロース繊維の抗菌活性

第4級アンモニウム塩の殺菌特性は、分子中に含

Table 2. Relations between the concn. of C12 used and dye saturation of C12-f for Acid Orange II.

Concn. of C12 used (mol/kg-f)	0.1	20	9.0	0.3	0.5
Dye saturation of C12-f (mmol/kg-f)	7	22	68	100	167

まれるアルキル基の長さの影響を著しく受けることが知られている¹⁰⁻¹⁵⁾。アルキル鎖の長さの異なる約 100mmol/kg-fiber のカチオン基が導入された C1-f, C4-f, C8-f および C12-f 繊維試料について、初発菌数を 10^6 cells/ml, 繊維重量 5mg/ml の条件で残存生菌率 logN を調べた。なお、C18-f については 32mmol/kg-fiber を同様の試験に供した。

上記の供試試料についての菌数減少速度曲線を Fig. 7-a) に示した。菌数減少速度は C1-f, C4-f, C8-f の間では明らかな差は見られなかった。一方 C12-f は菌数減少速度が非常に大きく、わずか 20 分後には残存生菌数が 0~10cells/ml まで減少した。また C18-f は C12-f よりも減少を表す直線の勾配は緩やかで菌数減少速度は小さいが、40 分後には残存生菌数は 0~10cells/ml まで減少した。C18-f はそのカチオン基量が C12-f の約 1/3 であるにもかかわらず、C12-f とほぼ同等の高い抗菌能をもつことを示した。

また上記の試験条件では C1-f, C4-f, C8-f 間での菌数減少速度の差があきらかでなかったので、初発菌数 10^4 cells/ml, 繊維重量 2mg/ml の条件で、それらの抗菌能(菌数減少)の順列を明確にしようと試みた。なおカチオン基量は 150mmol/kg-fiber である。その結果を Fig. 7-b) に示したが、Fig. 7-a) と対比すると C1-f, C4-f と C8-f との間がスプリットして、 $\text{C1-f} \approx \text{C4-f} \ll \text{C8-f}$ の関係が明確となった。以上のことから、抗菌能の大きさは $\text{C1-f} \approx \text{C4-f} < \text{C8-f} \ll \text{C18-f} < \text{C12-f}$ の順列となる。しかし、

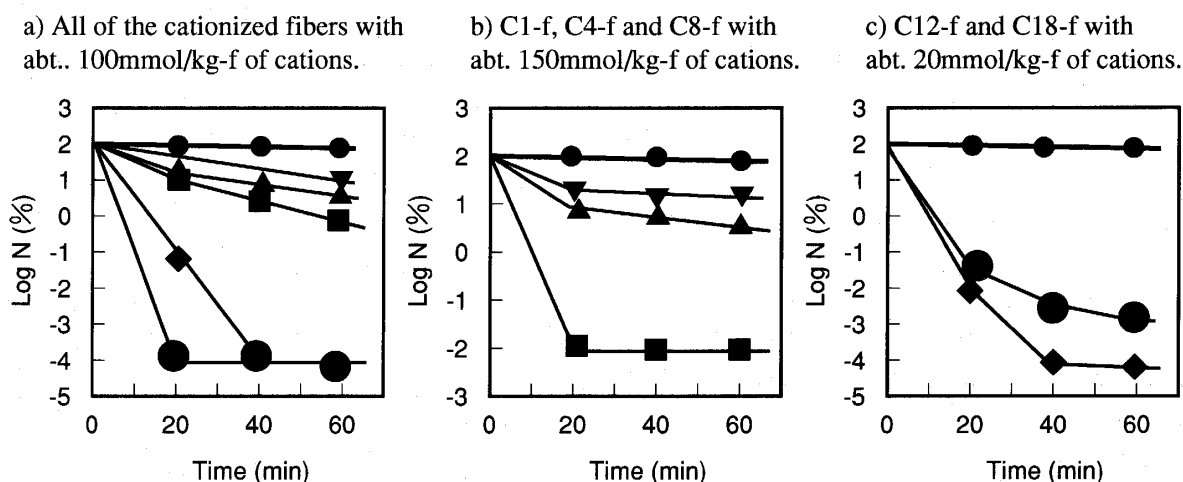


Fig. 7. Time dependency of survival rate of *Staphylococcus aureus* IFO12732 for the cellulosic fibers cationized with C1, C4, C8, C12 and C18. Symbols; Control (●), C1-f (▼), C4-f (▲), C8-f (■), C12-f (○) and C18-f (◆).

この結果は、C12<C18 であるとす既知の事実¹⁵⁾とは一致しないが、これは試験で使用された試料に導入されたカチオン基量は C18-f で C12-f よりも低いことが影響していると推測できる。したがって、C12-f と C18-f の抗菌能に関するアルキル鎖の順列について正しい関係を明らかにするため、両者のカチオン基量が同等である条件において試験が必要である。

カチオン基量が約 20mmol/kg-fiber の試料(C18-f:24.7, C12-f:22.1mmol/kg-fiber)を用い、初発菌数 10^6 cells/ml, 繊維重量 5mg/ml の条件で試験を行った。Fig. 7-c)に示すように、菌数減少速度は C12-f と C18-f の間に僅差が認められ、C12-f が C18-f よりも変化が緩やかであり、60 分における菌数レベルから抗菌能は C12<C18 であった。以上の結果から抗菌能の大きさの順序は C1≒C4<C8<C12<C18 となり既報¹⁵⁾と一致することが確認された。

つぎにセルロース繊維に導入されたカチオン基量の抗菌能におよぼす影響について調べた。

カチオン(活性)基量がそれぞれ 10, 20, 60, 100, 150mmol/kg-fiber の C12-f を用いて初発菌数 10^6 cells/ml, 繊維重量 5mg/ml の条件で試験を行った。

Fig. 8. において、10mmol/kg-fiber (×) の試料では菌数減少速度が非常に遅く、菌減少レベルも低く抗菌能が低いことが示された。20mmol/kg-fiber (▼) および 60mmol/kg-fiber (▲) の試料では、20 分以降の挙動に差異が認められ、20mmol/kg-

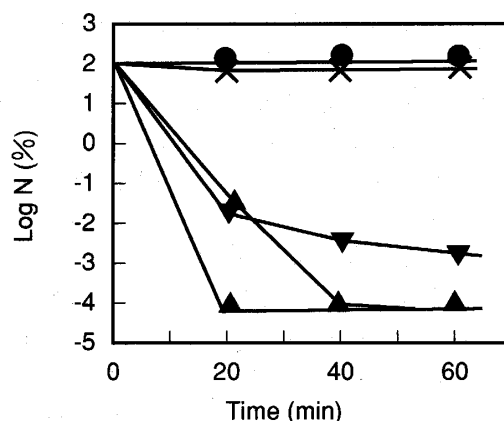


Fig. 8. Effect of exposure time on the rate of survival of *Staphylococcus aureus* IFO12732 against C12-f, containing different amounts of ammonium cations. Symbols; Amount of cations: Control (●), 10 (×), 20 (▼), 60 (▲), 100 (◆) and 150mmol/kg-f (+).

fiber では 20 分以降菌数減少速度は小さくなり抗菌能がほぼ一定レベルに達するが、60mmol/kg-fiber では 40 分まで菌数減少速度は変化しない結果、初発菌数はゼロとなった。さらに、60mmol/kg-fiber 以上(◆, +)では非常に菌数減少速度が大きく、20 分で菌のほとんどは消滅する。このように C12-f についてはカチオン基量が増加すると菌数減少速度が大きくなり、100mmol/kg-fiber 以上で一定となった。抗菌能は 60mmol/kg-fiber 以上の試料では最大かつ一定となり、明確に抗菌能を発現する。また、20mmol/kg-fiber の試料では 60mmol/kg-

fiber 以上のカチオン基を有するものとは明らかに異なり、その抗菌能は弱い抗菌性繊維製品に要求される抗菌能力の観点からは十分な結果が得られた。

4. 要 約

1. 5 種の n-alkyldimethylamine あるいはその塩酸塩を原料として epi-chlorohydrin を付加反応させて、アルキル鎖長の異なるアンモニウム塩からなるカチオン化剤 n-alkyl, dimethyl, 3-chloro-2-hydroxypropyl ammonium chloride (AMPAC) を合成した。
2. 合成されたカチオン化剤 (4 級アンモニウム塩) はアルカリ水溶液中において、セルロースと反応させるとセルロースにカチオン活性基が導入される。それぞれのカチオン化剤についての反応条件 (仕込み濃度, アルカリ濃度等の要因) を検討して、目標とする量のカチオン活性基を再生セルロース繊維に導入することができた。
3. セルロース繊維に導入されたカチオン活性基は酸性染料 Acid Orange II による平衡染色 (95℃, 60 分) を行い定量した。それらの等温染色曲線は典型的な飽和型曲線で示され、ラングミュア式によって飽和染着量が算定できた。
4. 飽和染着量を導入されたカチオン活性基量と見なし、任意のカチオン活性基が導入された繊維を調製して抗菌試験に用いた。
5. 5 種類のカチオン化セルロース繊維について、黄色ブドウ状球菌による抗菌特性を調べた結果、抗菌活性はアルキル鎖長の影響を強く受けることがわかった。

抗菌能はアルキル鎖長 $C1 \cdot C4 < C8 \ll C12 < C18$ の順に大きく、とくに長鎖アルキル C12 および C18 の繊維では、短時間に 10^6 cells/ml の菌を消滅させるような非常に高い抗菌能が発現された。

文 献

- 1) Evans, G.E., Shore, J. and Stead, C.V., *JSDC*, **100**, 304-315 (1984)
- 2) Lewis, D.M. and Lei, X., *Text. Chem. Colorist*, **21**, 23-29 (Oct. 1989)
- 3) Wu, T.S. and Chen, K.M., *JSDC*, **108**, 388-394 (1992)
- 4) Kamel, M., Kamel, M.M., Youssef, B.M. and Shokry, G.M., *JSDC*, **114**, 101-104 (1998)
- 5) Seong, H.S. and Ko, S.W., *JSDC*, **114**, 124-129 (1998)
- 6) Clipson, J.A. and Roberts, G.A.F., *JSDC*, **105**, 158-162 (1989)
- 7) Shore, J., "Blends Dyeing", SDC Bradford, UK, p63 (1998)
- 8) 澤裕子, 甫天正靖, 織学誌, **57**, 13-20 (2001)
- 9) 福岡淳一, 染色工業, **36**, 109-117 (1988)
- 10) 高麗寛紀, 堀江徳愛, 武市一考, 芝崎勲, 防菌防黴誌, **8**, 191-199 (1980)
- 11) 高麗寛紀, 佐藤利夫, 堀江徳愛, 武市一考, 芝崎勲, 防菌防黴誌, **8**, 233-239 (1980)
- 12) Kourai, H., Takechi, H., Kume, M., Takeichi, K. and Shibasaki, I., *J. Antibact. Antifung. Agents*, **14**, 55-62 (1983)
- 13) 高麗寛紀, 久米勝嘉, 武知博憲, 大鶴芳積, 大泉満, 芝崎勲, 防菌防黴誌, **14**, 435-442 (1986)
- 14) Shibasaki, I., *J. Antibact. Antifung. Agents*, **26**, 561-572 (1984)
- 15) 高麗寛紀, 化学と生物, **26**, 834-841 (1988)